

文章编号: 1005-5630(2008)03-0022-04

投影变换方法在光学测量投影仪系统 圆度表示中的应用^{*}

黄立华^{1,2}, 黄惠杰¹, 江晓军^{1,2}, 曾爱军¹, 王向朝¹

(1. 中国科学院上海光学精密机械研究所, 上海 201800; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要: 针对光学测量投影仪测量圆形工件时圆度指标的图形表示, 提出了一种几何投影变换方法, 将原非单调区间的离散点投影在某单调区间内, 在此单调区间内运用插值算法进行曲线拟合后, 再对数据进行反向投影, 使得原非单调区间内离散点光滑地连接起来, 使圆度的图形表示更加合理。几何投影变换方法克服了一些用于连接离散数据点的插值算法不能在非单调区间使用的局限性, 拓展了上述算法的应用范围。

关键词: 光学测量投影仪; 几何投影; 插值算法

中图分类号: TH 39

文献标识码: A

The application of geometric projection method to the illustration of roundness in optical measuring projector

HUANG Lihua^{1,2}, HUANG Huijie¹, JIANG Xiaojun^{1,2}, ZENG Aijun¹, WANG Xiangzhao¹

(1. Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, The Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201800, China;

2. Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: For the illustration of roundness and roundness tolerance in optical measuring projector system, a kind of special geometric projection method is proposed in this paper. With this method, the discrete points in the non-monotonic space are projected to the monotonic space, then fitted with interpolation algorithm, finally the fitting smooth curve is projected reversely and the points in the non-monotonic space are connected smoothly. Geometric projection method resolves the limitation of some interpolation algorithms only used in a monotonic space, and enlarges the application fields of the above interpolation algorithm.

Key words: optical measuring projector; geometric projection; interpolation algorithm

1 引言

光学测量投影仪是光机电一体化的高精密测量仪, 由于检测效率高、使用方便、因此广泛应用于机械、仪表、电子、轻工等行业及计量检定部门。使用光学测量投影仪测量圆形工件的轮廓时, 为了得到较高的测量精度, 通常采用多点拟合法, 即采集多个离散的数据点通过某种算法拟合出标准圆, 再把这些离散点用光滑的曲线连接起来, 表示实际测量得到的轮廓, 同时还可以给出圆度指标。为了把离散点连接成光滑曲线, 人们利用各种各样的插值算法^[1~4]。其中 Akima 算法运算简单, 只利用内插数据点附近的几个数

^{*}收稿日期: 2007-10-09

作者简介: 黄立华(1977~), 女, 河南信阳人, 助理研究员, 硕士, 主要从事光电检测与控制技术方面的研究。

据点作为控制点来内插,得到的整个插值曲线是光滑可导,但 Akima 算法要求在运算区间内数据点的横坐标单调变化^[5],限制了该插值算法的应用范围。

为了解决这个问题,在光学测量投影仪对圆形工件的圆度指标测量时获得较为光滑曲线,现提出了一种几何投影方法,把几何坐标非单调变化的离散数据点转化为几何坐标具有单调变化的离散点,然后利用 Akima 算法对离散数据点进行插值,拟合得到光滑曲线。然后,利用上述变换对应的反变换,把得到的光滑曲线进行投影,取得较为理想的连接效果。上述结果可以直接推广至其它非单调区间内离散点光滑连接的应用场合。

2 几何投影原理及应用

假设在使用光学测量投影仪测量圆形工件时获得了一组横坐标离散数据点 A, B, \dots , 然后利用最小二乘法拟合这些离散数据点,得到了圆弧的圆心坐标 (x_0, y_0) 及半径 R_0 。不失一般性,假设利用最小二乘法从离散数据拟合得到的圆的圆心与坐标原点 O 重合,即 $x_0 = 0, y_0 = 0$, 建立如图 1 所示的直角坐标系。此时,所有的离散点散布在圆周附近。为了便于描述,现以这组数据中的 A 和 B 两点为例进行分析。在图 1 中, A 和 B 两点位于圆周的内外两侧,且 OA 和 OB 与 y 轴的夹角分别为 θ_1 和 θ_2 , 以 O 为圆心, OA 和 OB 为半径, 分别作两个同心圆, 两圆的半径分别为 R_A, R_B , 即 $OA = R_A, OB = R_B$ 。

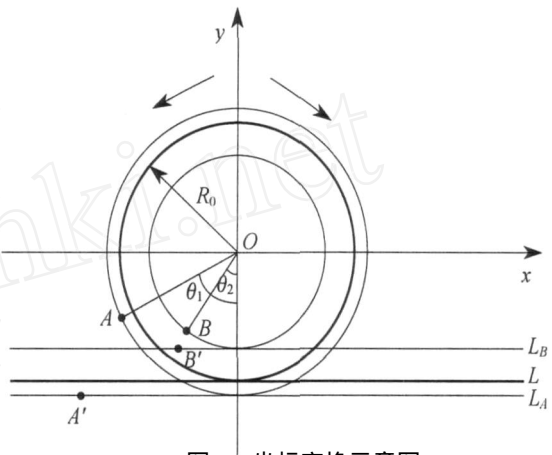


图 1 坐标变换示意图

Fig. 1 Schematic diagram of coordinate transform

下面进行几何投影的正变换。现以 y 轴正半轴为分界线, 左右两个半圆弧分别沿平行于 x 轴, 且与圆相切的直线 L 展开。这样, 半径为 R_0 的圆周转化为长度为 R_0 的两条线段。对于圆周附近的离散点 A 和 B , 首先在平行于 x 轴方向作过点 A 和 B 同心圆的切线 L_A 和 L_B , 再根据 OA 和 OB 与 y 轴的夹角 θ_1 和 θ_2 , 把 A, B 两点投影在直线 L_A 和 L_B 上的 A' 和 B' 。根据投影关系, 在当前坐标系下, A 和 B 的坐标分别为 $(-R_0 \sin \theta_1, -R_A)$ 和 $(-R_0 \sin \theta_2, -R_B)$ 。对于其余离散点, 同样可以得到相应的圆及与圆相切的直线, 利用上述关系, 把这些离散点分别投影在其相应的直线上。经过坐标变换后, 原来分布在圆周内外两侧的离散点就分布在直线 L 的上下两侧, 且所有的离散点位于离圆心距离最小及最大的两个离散点对应的两条投影线之间。从上面的投影关系可以看出, 投影以后所有点的横坐标是根据该点与圆心之间连线与 y 轴的夹角而定, 与该点与圆心的距离无关。上述变换带来的明显优点是把按照角度排序与坐标排序有机统一起来, 把几何坐标非单调递增的离散数据点转化为某一直线附近, 且横坐标具有单调递增性质的离散点, 为插值算法创造条件。

然后, 利用 Akima 算法对上述变换后横坐标具有单调递增的离散点进行插值, 用光滑的曲线把离散点连接起来。经过 Akima 算法对离散点插值后, 现得到了一条围绕直线 L 波动的光滑曲线, 利用上述几何投影的逆变换, 可以把插值后围绕在直线 L 波动的光滑曲线投影在圆周附近, 使其围绕圆弧波动。这样, 借助于圆弧, 利用正反两个简单的几何投影, 克服了 Akima 算法对运算区间内数据点的横坐标单调变化的限制, 扩展了 Akima 算法使用范围。

图 2 给出了用光学测量投影仪测量一个圆形工件时获得的一组几何坐标非单调递增的离散数据点, 此图上的圆是利用最小二乘法拟合这些离散数据点而得到的, 圆心坐标为 $(-20.1514, -2.2696)$, 半径为 43.4856mm , 离散点的坐标及其与拟合圆的偏差量如表 1 所示。图 3 为经过正向坐标变换后, 投影在直线附近的离散数据点及利用 Akima 算法^[5]拟合得到的光滑曲线, 图中的虚线为直接用折线相连的曲线。可以看出, Akima 插值算法解决了在控制点处的不可导问题, 连接这组离散点的线更为流畅。图 5 给出了将图 3 得到的光滑曲线进行反向投影后围绕圆弧波动的光滑曲线。

表 1 光学测量投影仪测量圆形工件时得到的
离散点坐标及与拟合圆的偏差

Tab. 1 Coordinates of discrete points measured by projector when
measuring circular workpiece, and errors between
discrete points and fitted circle

序号	x (mm)	y (mm)	E (mm)
1	24.6960	-7.4088	1.655
2	16.5816	-29.2824	2.110
3	-27.5184	-39.8664	-5.174
4	-57.8592	-25.0488	0.569
5	-66.3264	4.2336	3.145
6	-53.2728	26.4600	0.360
7	-33.8688	38.1024	-0.847
8	-11.2896	38.1024	-2.153
9	1.4112	34.9272	-0.491
10	22.5792	7.0560	0.251

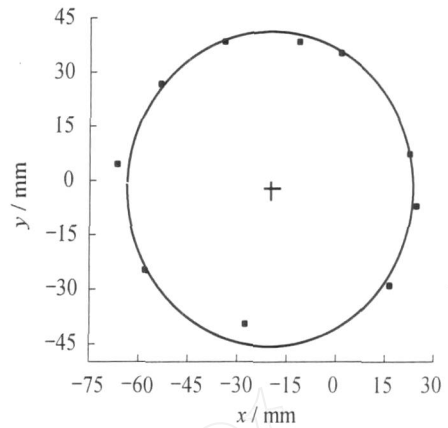


图 2 光学测量投影仪测到的离散数据点及
按照最小二乘法拟合得到的圆

Fig. 2 Discrete points measured by projector and
fitted circle with least squares method

针对由离散数据点拟合得到圆的情形,要求这些离散点首尾相连,因为连接这些离散点的光滑曲线,实际上就是所测量圆形工件的实际形状,而圆形工件的实际形状一般都是光滑连续变化的,但图 5 中并不能给出首尾连接的光滑曲线。为了解决上述问题,把图 3 中经过正变换后的最左边的点对应的圆弧再向右边展开,展开后的图形如图 4 所示。此时,进行 Akima 插值的离散点增加一个。同样,把利用 Akima 插值后得到的光滑曲线进行反向投影后,在原来圆周附近得到了连接所有离散点的光滑闭合曲线,如图 6 所示。

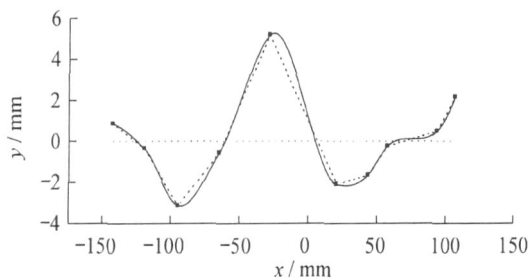


图 3 正向投影后的离散数据点及使用直线连接的
折线图和利用 Akima 插值算法后得到的光滑曲线

Fig. 3 Fold line and smooth curve with Akima
interpolation algorithm in forward projection

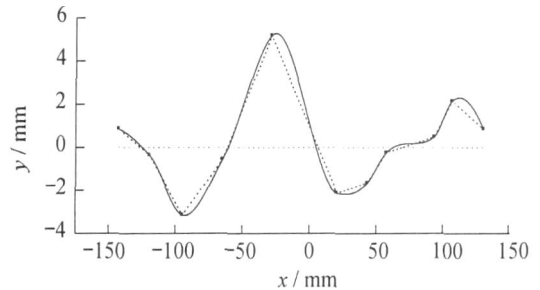


图 4 正变换后的最左边的点对应的圆弧向右边展开后的
折线图和利用 Akima 插值算法后得到的光滑曲线

Fig. 4 Fold line and smooth curve with the left-most
point expanded to the right

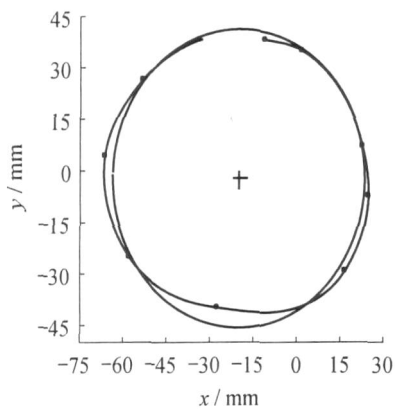


图 5 利用 Akima 算法得到的曲线经
反向投影后的光滑曲线

Fig. 5 Smooth curve after backward projection transform

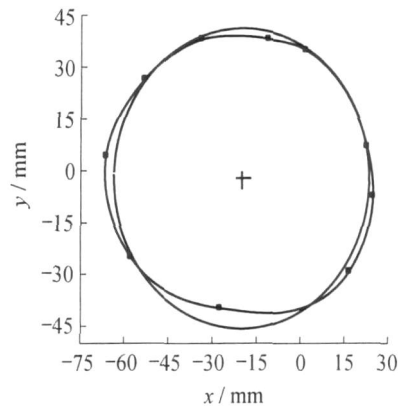


图 6 利用 Akima 算法得到的曲线经反射
投影后的首尾连光滑曲线

Fig. 6 Closed smooth curve after backward projection transform

3 结 论

针对光学测量投影仪测量圆形工件时圆度指标的图形表示,提出了一种几何投影变换方法,解决了非单调变化的离散数据点的光滑连接问题,取得了良好效果。该几何投影方法把几何坐标非单调变化的离散数据点转化为几何坐标具有单调变化的离散点,为运用插值算法拟和非单调变化的离散数据点创造条件,解决了一些插值算法对运算区间内数据点的横坐标单调变化的限制问题,扩大了这类算法在工程中的应用范围。

参考文献:

- [1] 邵世权,尚久浩,曹西京.样条函数在凸轮曲线设计中的应用[J].机械科学与技术,2003,22(11):136-137.
- [2] 李建刚,吴序堂,熊镇芹,等.非圆齿轮离散节曲线的分段三次样条拟合研究[J].机械传动,2004,28(6):3-5.
- [3] Wang F C, Yang D C. Nearly arc-length parameterized quintic-spline interpolation for precision machining[J]. *Computer Aided Design*, 1993, 25(5):282-287.
- [4] 李东升,苏永涛,腾丽娜.直线度测量数据的 Akima 插值法平滑处理[J].计量技术,1995,(5):17-18.
- [5] 徐士良.C常用算法程序集(第二版)[M].北京:清华大学出版社,1996.123-125.

消 息

32 英寸 LED 背光源液晶电视屏试制成功 标志着我国已掌握大尺寸液晶电视屏关键技术

北京市科委此间透露,我国大尺寸液晶电视屏关键技术研究项目已通过专家验收。京东方科技集团自主设计、应用 FFS 宽视角技术的 32 英寸 LED 背光源液晶电视屏试制成功,标志着我国已掌握了大尺寸液晶电视屏的关键技术,高世代生产线的技术准备更加充分。

据专家介绍,采用以色彩还原好、省电、寿命长为优点的 LED 背光源,是高端液晶电视的趋势。这是国内首次应用 FFS 宽视角技术自主设计和试制的 32 英寸电视用 LED 背光液晶显示屏和模块,完全拥有自主知识产权,并申请了 30 多项发明专利,其宽视角特性、特别是在不同视角情况下的色漂移远远小于市场同类产品。

此项目攻克了背光源模块过厚、传统 LED 背光散热量大、工作时间过长和高温下容易亮度和色彩漂移的技术难题,使其色域范围超过 110% NTSC,产品的总体性能指标达到国际先进水平。这项 LED 背光源技术还将拓展应用在笔记本电脑 TFT-LCD 中。

承担此项目的京东方科技集团股份有限公司,是我国领先的显示产品与解决方案提供商。公司一直在进行针对大尺寸液晶电视的高世代 TFT-LCD 生产线的建设规划,保持与国际先进技术水平同步。目前,在此项目基础上,公司已着手开发 46 英寸级 LED 背光液晶电视屏,相关内容已进入国家科技部 863 平板专项的立项程序。

另据市科委介绍,在消化吸收再创新 5 代线工艺技术的基础上,通过在大尺寸 TFT-LCD 屏、背光源以及相关原材料方面进行技术探索,京东方的整体技术体系更加完整,技术实力不断提升,并为企业发展培养了大量的本地化人才。

(摘自《科技日报》)